

Analiza jakości potencjalnych błędów procesów wytwórczych konstrukcji spawanych

Quality analysis of potential errors during manufacturing processes of welded structures

Andrzej Brylczak¹, Magdalena Mazur²

¹ absolwent Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Polska

² Politechnika Częstochowska, Katedra Inżynierii Produkcji i Bezpieczeństwa, e-mail: mazur.m@zim.pcz.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono założenia teoretyczne systemu zapewnienia jakości procesów realizacji konstrukcji spawanych. Przedstawiono wymagania jakościowe realizacji procesów specjalnych na przykładzie procesów spawania konstrukcji słupa ekranu dźwiękochłonnego. W opracowaniu przedstawiono strukturę procesu wytwórczego analizowanego słupa realizowaną w podmiocie badawczym. Na podstawie procesu przeanalizowano ryzyko występowania niezgodności na poszczególnych etapach procesu. Analizy tej dokonano w oparciu o metodę FMEA i oszacowano poziom ryzyka dla poszczególnych etapów jego realizacji. Dla każdej niezgodności określono działania korygujące oraz osoby/jednostki odpowiedzialne za ich wdrożenie w kolejnych cyklach produkcyjnych.

Abstract: The paper presents the theoretical assumptions of the quality system implementation processes of welded structures. The requirements of special quality processes on the example of the construction of welding processes pole screen soundproofing. The paper presents the structure of the manufacturing process in the analyzed column realized in the subject of research. The risk analysis of incompatibility at different stages of process was made base of this manufacturing process. The analysis was based on the method FMEA and the estimated level of risk for the individual stages of its implementation. For any incompatibilities identified corrective actions and the persons / entities responsible for their implementation in subsequent production cycles.

Słowa kluczowe: special processes, welding processes, FMEA method, corrective action

Key words: procesy specjalne, procesy spawania, metoda FMEA, działania korygujące

1. Wstęp

Podmiot gospodarczy działający w warunkach gospodarki rynkowej realizuje różnorodne procesy, które mają wspólny cel, a mianowicie wytworzenie produktu (wyrobu/usługi). Produkt ten koniecznie musi być innowacyjny i spełniający wymagania i założenia rynku. Warunki te są konieczne do realizacji z sukcesem sprzedaży na rynku. Każde przedsiębiorstwo wykonuje procesy mające na celu wytworzenie innowacyjnego wyrobu spełniającego założone wymagania klientów. Dodatkowo dla wytwórcy ważne jakie środki musi zaangażować w produkcję i zapewnienie odpowiedniego poziomu jakości. Według norma jakościowych dotyczących procesów spawalniczych, procesy spawania uważane są za „procesy specjalne”. Ta kategoria procesów została obejmuje operacje wytwórcze, których wyników nie można w pełni zweryfikować podczas późniejszej kontroli i przeprowadzonych badań. Dodatkowo ewentualnie powstałe w procesie niezgodności ujawniają się dopiero w okresie eksploatacji wyrobu przez klienta.

Grupa procesów specjalnych obejmuje: procesy spajania (spawanie, lutowanie, zgrzewanie); obróbkę cieplną (ulepszanie cieplne, wyżarzanie, hartowanie indukcyjne, utwardzanie wydzieleniowe); technologie wykonywania powłok (azotowanie, nawęglanie, natryskiwanie cieplne); nanoszenie powłok galwanicznych

(chromowanie, niklowanie chemiczne i elektrochemiczne, cynkowanie, anodowanie, cynowanie, chromianowanie); technologie malowania; cięcie laserowe.

Wg wytycznych normy PN-EN ISO 15614 jak i jej późniejszych modyfikacji procesy spawalnicze określone zostały procesami specjalnymi, co w konsekwencji wymaga stosowania [1]:

- udokumentowanych procedur określających sposób spawania;
- formalnego zatwierdzenia sposobu spawania i stosowanego wyposażenia;
- odpowiedniego wyposażenia stanowisk spawalniczych;
- monitorowania i nadzorowania realizacji procesów spawania;
- właściwej obsługi stosowanych urządzeń przez wykwalifikowanych i zweryfikowanych spawaczy, którzy to zapewniają poprawność wykonania procesu.

2. Wymagania jakościowe dla procesów spawania

W procesie wytwarzania konstrukcji stalowych na szeroką skalę stosowane są techniki spajania. To właśnie jakość procesu spawania ma istotny wpływ na bezpieczeństwo i niezawodność eksploatacji wytwarzanych konstrukcji.

Końcowa ocena jakości wyrobu uwarunkowana jest szeregiem ważnych czynników, dlatego też przywiązując się dużą wagę do kompleksowego nadzorowania oraz kontroli przebiegu tych procesów [2].

W związku z tym funkcjonuje szereg norm określających wymagania jakościowe w produkcji obejmującej procesy spawalnicze. Standardem stało się wdrażanie systemów jakości w oparciu o normy branżowe PN-EN ISO 3834:2007 oraz PN-EN ISO 14731:2008 w zakładach, w których dokonuje się spawania. W rozwiązaniach normatywnych ujęto klasyfikację tworzonych konstrukcji spawanych oraz zakres badań jakim są one poddawane, w zależności od przyporządkowanej klasy. Podział konstrukcji i wymagań jakościowych dokonywany jest na podstawie rodzaju obciążeń, jakim poddawana będzie zaprojektowana konstrukcja oraz ryzyka związanego z ewentualnie zaistniałą awarią. Ryzyko to mierzone jest potencjalnym zagrożeniem dla życia ludzkiego i stratami materialnymi (PN-M-69008:1987). Możliwość wykonywania konstrukcji danej klasy określana jest po uprzednim zakwalifikowaniu zakładu produkcyjnego wg wytycznych normy PN-M-69009:1987. Norma ta określa zdolność zakładu do wytwarzania konstrukcji danej klasy na podstawie wytycznych dotyczących kwalifikacji zatrudnionego personelu, dysponowanym wyposażeniem technicznym oraz wielkości zakładu (PN-M-69009:1987).

Dla przedsiębiorstw realizujących spawalnicze procesy technologiczne wymagania określone w normie ISO 9001 są niewystarczające do zapewnienia jakości dla tych procesów. Standardem uwzględniającym identyfikację niezbędnych środków, które należy uwzględnić przy projektowaniu i wykonawstwie konstrukcji spawanych oraz podczas oceny ich jakości jest norma ISO 3834 Wymagania jakości dotyczące spawania materiałów metalowych. Norma ta nie zastępuje normy ISO 9001, ale jest jej uzupełnieniem i stanowi doprecyzowanie i uzupełnienie specyficznych dla technologii spawania wymagań [3]. Zawarte w pierwszej części normy ISO 3834 kryteria doboru wymagań jakościowych dotyczących spawania materiałów metalowych odnoszą się również do wymagań zawartych w normie ISO 9001. Stąd też dla uzupełnienia systemu jakości uwzględniającego wymagania zawarte w normie ISO 3834 zastosowanie mają wybrane elementy systemu opisanego normą ISO 9001. Integralną część tych dwóch systemów dotyczy m.in.: nadzoru nad dokumentami i zapisami (pkt. 4.2.3, 4.2.4); odpowiedzialności kierownictwa (pkt. 5); zapewnienia zasobów (pkt. 6.1); kompetencji, świadomości i szkoleń działającego personelu (pkt. 6.2.2, 7.5.2 b); planowania realizacji wyrobu (pkt. 7.1); określenia wymagań dotyczących wyrobu (pkt. 7.2.1); przeglądu wymagań dotyczących wyrobu (pkt. 7.2.2); zakupów (pkt. 7.4); walidacji procesów (pkt. 7.5.2); własności klienta odbiorcy (pkt. 7.5.4); auditu wewnętrznego (pkt. 8.2.2); monitorowania i pomiarów wyrobu (pkt. 8.2.4) [4].

Elementem systemu nadzorowania procesów spawania, który w dużym stopniu wpływa na jego efektywność jest zaangażowanie kierownictwa zarówno na etapie wdrażania, jak również jego rola podczas utrzymywania i nadzorowania funkcjonowania. Ważnym elementem skuteczności działania systemu jest zaangażowanie najwyższego kierownictwa w działania związane z wykrytymi niezgodnościami. Elementami systemu nadzorowania spawania realizującymi czynny udział kierownictwa są wewnętrzne audyty na podstawie których dokonywana jest ocena funkcjonowania systemu. Harmonogram auditów umożliwia prowadzenie nadzoru kierownictwa i w rezultacie prowadzi do ustalenia środków, które



Rys. 1. Zestawienie środków systemu nadzorowania procesów spawania.6

usuną stwierdzone niezgodności. Elementy składowe i ich zależności przedstawiono na rysunku 1.

W przypadku realizowania w przedsiębiorstwie specjalistycznych zadań usługowych, konieczne jest ustanowienie pisemnej procedury kwalifikacji personelu zatrudnionego do wykonywania takich zadań. Pracownik zdobywa uprawnienia do wykonywania prac spawalniczych na podstawie zaliczenia egzaminu kwalifikacyjnego, egzaminu na rozszerzenie posiadanych już przez niego kwalifikacji, lub egzaminu na przedłużenie uprawnień. Jednocześnie w razie pogorszenia się jakości wykonywanych przez spawacza spoin możliwe jest przeprowadzenie na wniosek inspektora egzaminu sprawdzającego. Przedsiębiorstwo będące wytwórcą konstrukcji spajanych powinno dysponować wykwalifikowanym i kompetentnym personelem zarówno do planowania, wykonywania jak i nadzorowania produkcji spawalniczej. Wymagania te określone zostały w normie PN-EN 3834-2.

3. Proces wytwórczy konstrukcji spawanych

Podmiot badawczy jest czołowym dystrybutorem wyrobów hutniczych i tworzyw sztucznych w Polsce. W ofercie firmy znajdują się również produkty specjalnego zastosowania, systemy budowlane oraz materiały spawalnicze. Rozległa sieć dystrybucji zapewnia dostęp klientom z całego kraju do szerokiego asortymentu oferowanych wyrobów. Oferta handlowa firmy obejmuje dostarczanie wyrobów standardowych od producenta, ale również realizowane są formaty specjalne. Zgodnie z potrzebami klientów firma realizuje cięcie materiału na wymiar, obróbkę powierzchniową oraz zabezpieczenia przed korozją.

Proces wytwórczy podstawowy realizowany w podmiocie badawczym przedstawiony został na przykładzie konstrukcji „słupy ekranów 02-03”. Wyrób ten jest elementem konstrukcji wsporczej do montażu ekranów akustycznych przy drogach szybkiego ruchu. Ekran akustyczny ustawione w pasie przydrożnym montowane są w profilach typu HEB specjalnie wcześniej przygotowanych i stabilnie osadzonych w podłożu. Słupy stanowią podstawę konstrukcji nośnej obiektu utrzymując ekrany w pionie i zapewniając odpowiednią sztywność.

Słup składa się z profilu głównego, przypory i podstawy. Materiał do produkcji, stal konstrukcyjna S235JR w postaci dwuteowników pobierany jest z magazynu i transportowany na wydział cięcia. Profil główny słupa wykonywany jest z dwuteownika szeroko stopowego HEB 160. Elementy przypory wykonywane są z połówki dwuteowników szerokostopowych 1/2 HEB 160 palonych

Table 1. Analiza FMEA procesów technologicznych realizowanych w procesie wytwórczym konstrukcji spawanych

Faza procesu	Potencjalna wada	Potencjalne skutki wady	LPZ	Potencjalna przyczyna	LPW	Bieżące sterowanie procesem - zapobieganie	LPO	L P R	Zalecane działania	Odpowiedzialność i docelowa data wdrożenia
Zakup materiału podstawowego	Błędnie zamówiony materiał	Brak możliwości podjęcia prac / Przesunięcie terminu zakończenia prac.	9	Specjalista ds. Komunikacji	1	Informowanie / przekazywanie specjalistę wszystkich niezbędnych informacji, dokumentacji, rysunków i zmianach	2	18	Organizowanie spotkań dotyczących kontraktów i omawiania szczegółowych aspektów.	Specjalista ds. Kontraktów. Kierownik
	Nieterminowe wykonanie usługi transportowej	Przesunięcie terminu zakończenia prac	3	Błędy logistyki. Komunikacja pomiędzy dostawcą a Specjalistą ds. kontraktów	3	Informowanie o wszystkich potencjalnych przyczynach przesunięcia dostaw	2	18	System informowania o zmianach terminowych	Kierownik logistyki
Śrutowanie materiału	Niewłaściwa klasa powierzchni uzyskana po procesie śrutowania	niewłaściwa grubość cynkowania	5	Użycie nieodpowiedniego śrutu lub błędy w doborze parametrów procesu	2	Przekazanie informacji odnośnie powierzchni na produkcję. Odpowiednio ustawić parametry śrutowania	3	30	Nadzór parametrów procesu śrutowania	Kierownik procesu
	Pozostałości po naklejkach identyfikujących materiał	Czasochłonne przygotowanie powierzchni przed cynkowaniem	2	Niedopatrzenie operatora	4	Informowanie operatora o konieczności usuwania oznaczeń przed procesem śrutowania	2	16	Wyrywkowe kontrole pracownika stosowania wytycznych instrukcji. Doposażenie pracownika w sprzęt do usuwania kleju	Kierownik procesu
Cięcie materiału	Niewłaściwa długość materiału podstawowego	Brak możliwości podjęcia dalszych prac	9	Błędna informacja dotycząca długości materiału. Używanie niedokładnych/zużytych taśm mierniczych.	3	Kontrola pierwszych ciętych elementów oraz dalsza kontrola wyrywkowa.	3	81	Dodatkowa kontrola opracowanego polecenia cięcia. Kontrola urządzeń pomiarowych, kontrola ciętych elementów.	Kierownik zmiany, Kontrola jakości
	Niewłaściwy kąt/płaszczyzna cięcia	Brak możliwości podjęcia dalszych prac	9	Źle ustawiony materiał/maszyna/taśma do cięcia. Błąd operatora. Niewłaściwa prędkość cięcia.	2	Nadzorowanie ustawienia maszyny oraz ułożenia materiału. Ustawienie posuwu cięcia.	3	54	Usystematyzowanie kontroli ustawień parametrów maszyny. Kontrola prostości cięcia za pomocą kątownika	Kontrola jakości / operator
Wypalanie materiału	Niewłaściwa powierzchnia po cięciu termicznym	Długotrwała obróbka wykańczająca	2	Błędnie ustawione parametry cięcia. Źle dobrana dysza lub zabrudzenie dyszy	3	Odpowiednie ustawienie maszyny oraz dobranie odpowiedniej dyszy	2	12	Szkalowanie technologii piszących programy. Kontrola zużycia używanej dyszy	operator / KJ
	Wypalone elementy nie odpowiadają dokumentacji technicznej	Brak możliwości kontynuowania prac	9	Nieaktualna lub niekompletna dokumentacja techniczna	5	Śledzenie na bieżąco wszystkich zmian projektowych / dostarczenie potwierdzonej dokumentacji technicznej	3	135	Wprowadzenie kart zmian projektowych	Specjalista ds. Kontraktów. Kierownik
Trasowanie	Niewłaściwy wymiar wypalanych materiałów	Brak możliwości użycia elementu	4	Źle przygotowany program. Źle ustawiona kompensacja na maszynie	5	Kontrola przygotowywanych programów. Kontrola wypalanych elementów na produkcji	3	60	Stosowanie walidowanych urządzeń pomiarowych. Dostęp do czytelnych rysunków. Kontrola pierwszych 5 elementów z każdego nowego arkusza	operator / KJ / technolog
	Błędnie na trasowany otwór	Kosztowna i długotrwała naprawa	4	Użycie niewłaściwego szablonu	5	Kontrola pierwszych elementów	2	40	Użycie odpowiedniego szablonu. Oznakowywanie szablonu rodzajem słupa	Brzygadziata
Wiercenie materiałów	Błędnie na trasowany otwór	Konieczność poprawienia szablonu	2	Szablon jest niewłaściwie wykonany	2	Kontrola pierwszego elementu trasowanego przed wycięciem szablonu	2	8	Użycie odpowiednich przyrządów pomiarowych. Użycie odpowiedniego szablonu	KJ
	Niewłaściwa średnica wykonanego otworu	Kosztowna i długotrwała naprawa	4	Użycie niewłaściwego wiertła. Zużycie oprzyrządowania. Źle odczytano rysunek techniczny	4	Jasna i precyzyjna instrukcja wykonywania otworów. Kontrola wyrywkowa wykonanych otworów. Ścisła kontrola pierwszych elementów	4	64	Nadzór nad stanem technicznych używanych wiertel	KJ/Brzygadziata/Operator
Brak wykonania otworu	Brak wykonania otworu	Konieczność wykonania otworu - powtórzenie procesu	2	Brak odpowiedniego narzędzia	3	Kontrola stanu technicznego narzędzi oraz sprawdzenie dostępności narzędzia	5	30	Zakup niezbędnego oprzyrządowania lub remont posiadanego. Prowadzenie kartoteki stanu magazynowego narzędzi	Tom-Welder
	Brak wykonania otworu	Konieczność powtórzenia wykonania otworu.	4	Przeoczenie operatora/brak natrasowanego otworu	3	Kontrola jakości	3	36	Przeprowadzanie końcowego odbioru konstrukcji	KJ

Faza procesu	Potencjalna wada	Potencjalne skutki wady	LPZ	Potencjalna przyczyna	LPW	Biżące sterowanie procesem – zapobieganie	LPO	L P R	Zalecane działania	Odpowiedzialność i docelowa data wdrożenia
Scalanie / montaż elementów konstrukcji	Błędnie zmontowana konstrukcja	Pracochłonna i kosztowna naprawa	5	nieaktualna dokumentacja / Brak nowej dokumentacji	4	Kierownik produkcji / brygadzysta / specjalista ds. Kontraktów	5	100	Wyrywkowa kontrola przez brygadzystę oraz KJ. Śledzenie zmian dokumentacji	kierownik produkcji
	Przekroczenie tolerancji wymiarowej zmontowanej konstrukcji	niedokładnie przeprowadzony montaż	5	Brak odpowiedniego narzędzi / brak odpowiednich umiejętności monterów	6	Przewidywanie zapotrzebowania na odpowiedni sprzęt / ustalanie odpowiedniej technologii scalania konstrukcji	4	120	Rozmowy z monterami / narada przed przystąpieniem do prac / analiza rysunków	kierownik produkcji
	Brak możliwości wykonania spowodowany brakiem sprzętu	Wstrzymanie prac montażowych	6	Niedostateczna analiza rysunków przed przystąpieniem do prac	2	Dokładna analiza rysunków	2	24	Przed przystąpieniem do prac przeprowadzić szczegółową analizę rysunków	kierownik produkcji / spawalniki
	Brak możliwości wykonania spowodowany uszkodzeniem sprzętu	wstrzymanie prac / spowolnienie prac	6	Brak przeglądów okresowych / niedostateczna liczba urządzeń	4	Przeprowadzanie przeglądów okresowych / utrzymywanie odpowiedniej liczby urządzeń	4	96	Nadzorowanie przeglądów okresowych / zaopatrzenie magazynu narzędzi / szkolenie pracowników z obsługi narzędzi	Spawalniki / kierownik produkcji
	Brak odpowiednich uprawnień firmy do wykonania tego typu konstrukcji	Zerwanie kontraktu / kary finansowe	9	Niedostateczna analiza rysunków, dokumentacji technicznej itp. przed podpisaniem umowy	2	spawalniki / KJ	2	36	Stosowanie formularza F-100 wymagań i kwalifikacji jakościowych	Spawalniki / KJ
	Spawacz wykonał złącze którego typ nie obejmują jego uprawnienia	W przypadku wykrycia możliwe zerwanie kontraktu	6	brak odpowiedniej informacji przed przystąpieniem do prac	2	Spawalniki / brygadzysta	3	36	Rozszerzenie uprawnień spawaczom na spoiny BW i FW / Nadzór i aktualizacja listy uprawnień spawaczy	Spawalniki
Spawanie	Złącze nie spełnia wymagań poziomu jakości	Droga i czasochłonna naprawa	4	Źle przyszkolona załoga spawaczy	5	brygadzysta / spawalniki	6	120	Organizowanie szkoleń doskonalących / Zatrudnianie doświadczonych personelu	brygadzysta / spawalniki
	Odpryski w spoinie złącza	Czasochłonne oczyszczenie złącza / Problemy w cynkowaniu i malarni	5	Źle dobrana technologia i parametry spawania / Używane źródła prądu generują rozprask	3	Stosowanie do wymagań WPS / Stosowanie spawania pulsującego	4	60	Zakup urządzeń z technologią PULS / Doskonalenie spawaczy	Spawalniki
Kontrola jakości	Brak wykonania badań VT / lub geometrycznych	Rak możliwości wystąpienia certyfikaty	9	Przeoczenie kontrolera	2	Stosowanie przywieszek informacyjnych w magazynie	2	36	Stosowanie przywieszek z numerami konstrukcji / Bezwzględne stosowanie pola odkładczego	Kierownik produkcji
Szlifowanie / Czyszczenie	Nie odpowiednio oszlifowano konstrukcję	Konstrukcja nie nadaje się do cynkowania i malowania	5	Pracownik nie dokładnie wykonał szlifowania / Brak odpowiednich narzędzi	3	Szkolenie pracownika obejmujące poziomy jakościowy ocieszczenia konstrukcji	3	45	Zakup szlifierek kątowych i prostych. Odprawy z pracownikami	Kierownik produkcji
	Niedostateczna grubość powłoki cynkowej	Bardzo trudna i czasochłonna naprawa	9	Zbyt krótkie przetrzymywanie w wannie / srurowanie materiału	2	Analizowanie czasu przetrzymania	3	54	Audytywanie cynkowni / Kontrola powierzchni po procesie cynkowania	Kontrola jakości
Cynkowanie	Nadmierna grubość powłoki czynowniczej	Brak możliwości rozpozczęcia procesu malowania	9	Zbyt długi czas zanurzenia w wannie / srurowanie materiału	4	Analiza technologii cynkowania	5	180	Audytywanie procesów cynkowania	Kontrola jakości
	Zacieki cynkownicze	Czasochłonna naprawa / Problemy na malarni	5	Źle podwieszenie konstrukcji / zła technologia	6	Analiza technologii cynkowania	4	120	Audytywanie procesów cynkowania	Kontrola jakości
Malowanie	Niedostateczna grubość powłoki malarskiej	Konieczność ponownego malowania	3	Źła technologia malowania	2	Szkolenie pracowników malarni	2	12	Audytywanie malarni / Kontrola grubości przez KJ	Kontrola jakości
	Nadmierna grubość powłoki malarskiej	Konieczność drogiej naprawy	6	Źła technologia malowania	2	Szkolenie pracowników malarni	2	24	Audytywanie malarni / Kontrola grubości przez KJ	Kontrola jakości
	Zacieki malarskie	Czasochłonna naprawa	3	Nieodpowiednie parametry procesu malowania	3	Dobór odpowiedniej głowicy "na mleko"	3	27	Audytywanie malarni / Kontrola grubości przez KJ	Kontrola jakości

na pół wzdłużnie. Na elementy podstawy wykorzystywana jest blacha grubości 26 mm. Na tym wydziale dwuteownik HEB 160 cięty jest na pile taśmowej, profil główny prosto, a przypora pod kątem 45°. Po tym etapie elementy przypory transportowane są na wydział wypalarek, gdzie wykonywany jest proces przepalania wzdłużnie na pół za pomocą wypalarki plazmowej. Blacha w arkuszach wypalana jest według wymiarów technicznych, wraz z otworami pod kotwy montażowe. Tak przygotowane detale transportowane są na wydział spawania, gdzie poddawane są procesowi wykonywania złączy tworząc gotową konstrukcję słupa.

Każda operacja połączona jest z kontrolą końcową jakości jej wykonania. Kolejnym etapem obróbki konstrukcji jest operacja cynkowania, która odbywa się na wydziale cynkowania. Operacja ta poprzedzona jest obróbką wstępną przygotowania powierzchni polegającą na jej trawieniu, po czym nanoszenie powłoki cynkowej wykonywane jest poprzez zanurzenie konstrukcji w wannie z gorącą kąpielą cynkową (ok. 465°C). Kolejnym zabezpieczeniem antykorozyjnym konstrukcji jest malowanie na mokro zestawem farb epoksydowo-poliuretanowych. Przed tym procesem konstrukcja podlega operacji przygotowania powierzchni poprzez omiatanie piaskiem w celu zmatowienia powierzchni cynkowej, co jest konieczne do uzyskania lepszej przyczepności farby. Proces malowania odbywa się dwuetapowo, w pierwszej kolejności nakładana jest farba epoksydowa stanowiąca podkład, a następnie jako warstwa nawierzchniowa nanoszona jest emalia poliuretanowa. Konstrukcje malowane są ciśnieniową metodą natrysku hydrodynamicznego, wykorzystującą sprężoną w pompie farbę przetłoczoną przewodem wysokociśnieniowym do dyszy pistoletu malarskiego. Farba ulega rozpyleniu na skutek przekroczenia prędkości krytycznej. Operacja ta zabezpiecza konstrukcję, która po odpowiednim oznakowaniu transportowana jest do magazynu wyrobów gotowych.

4. Kontrola jakości realizowanych procesów i jej wyniki

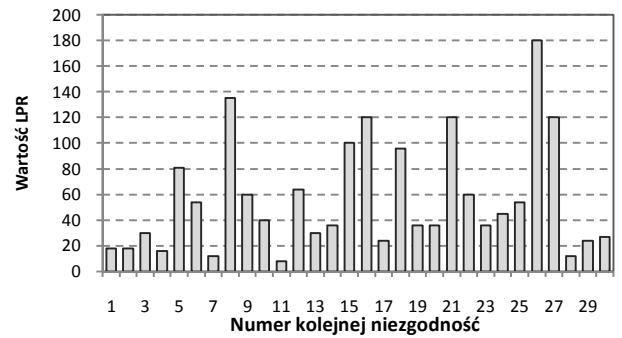
W przedsiębiorstwie analiza jakości prowadzonych procesów obróbki metali prowadzona jest w celu identyfikowania niezgodności i miejsc ich powstawania. W pracy przedstawiono wyniki analizy jakości wykonywania złączy spawanych. Kontrola jakości wydziału wykonywana jest w oparciu o normy branżowe PN-EN ISO 3834:2007 oraz PN-EN ISO 14731:2008. Przedstawione wyniki kontroli jakości mają na celu określenie przyczyn i konsekwencji występowania niezgodności, oraz określenia metod zapobiegania ich ponownemu występowaniu. Do analizy wykorzystano metodę FMEA na podstawie wyników kontroli jakości złączy spawanych metodami nieniszczącymi.

Tabela 1 zawiera zestawienie niezgodności złączy spawanych odnotowane w badanym przedsiębiorstwie w okresie trzech ostatnich miesięcy. Wykryte niezgodności określone zostały poprzez przyczyny i skutki ich występowania, oraz trzy wskaźniki: LPW, LPO oraz LPZ. Wskaźniki te zostały określone w założonej skali 1 – 10, a wartości te posłużyły do wyliczenia głównego wskaźnika analizy FMEA, czyli Liczby Priorytetowej Ryzyka według wzoru [5, 6]:

$$LPR = LPW \times LPO \times LPZ \quad (1)$$

gdzie: LPR – Liczba Priorytetowa Ryzyka
 LPW – Liczba Priorytetowa Występowania
 LPO – Liczba Priorytetowa Wykrycia
 LPZ – Liczba Priorytetowa Znaczenia

Analiza procesów realizowanych w konstrukcjach spawanych podmiotu badawczego wykazała powstawanie 30 niezgodności. Oszacowano ryzyko występowania tych niezgodności, wysokość LPR dla poszczególnych rodzajów niezgodności przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Wartości LPR dla poszczególnych rodzajów niezgodności realizowanych procesów

Kilka niezgodności przekroczyło wartość progową LPR na poziomie 100. Najwyższą wartość LPR oszacowano dla niezgodności procesu cynkowania – nadmierna grubość powłoki cynkowej (LPR=180). Niezgodność ta występowała najczęściej w okresie badawczym i wymaga wprowadzenia dodatkowych operacji czyszczenia konstrukcji przed kolejnym etapem procesu produkcyjnego konstrukcji podmiotu badawczego. Kolejną niezgodnością o wysokiej liczbie priorytetowej ryzyka (LPR=135) jest wypalenie elementów niezgodnie z wymaganiami rysunku technicznego produktu gotowego. Niezgodność ta również występowała najczęściej w okresie badawczym. W celu obniżenia wartości LPR określono działania korygujące w postaci nadzoru nad zmianami w dokumentacji i kart dokonywanych zmian projektowych. Wartość LPR na poziomie 120 oszacowano dla trzech niezgodności w procesie montażu, spawania oraz cynkowania konstrukcji. Niespełnianie wymagań poziomu jakości złącza spawanego ma wysokie znaczenie dla jakości wyrobu gotowego i wymaga dodatkowych szkoleń pracowników z zakresu wykonywania złączy spawanych. Zacieki cynkowe powodują trudności w procesie nanoszenia powłoki malarskiej w kolejnym etapie procesu, dlatego też wymaga przeprowadzenia auditu i nadzoru nad technologią procesu cynkowania oraz sposobów zawieszenia elementów na czas kąpeli cynkowej.

Literature

- [1] Plewniak J., Wilk P. *Wybrane aspekty badań szczelności (LT) spawanych kotłów grzewczych w fazie ich produkcji*. Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie 11(74)/2013. str. 41-49.
- [2] Ścierański J. *Wymagania jakościowe w spawalnictwie – system jakości zgodny z wymaganiami normy ISO 3834*. [w:] Systemy wspomagania w inżynierii produkcji. Innowacyjność Jakość Zarządzanie (red.) Biały W., Midor K. Wydawnictwo PA NOVA S.A., Gliwice.
- [3] Ferenc K. *Spawalnictwo*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- [4] Chmielewski T. *Projektowanie procesów technologicznych – spawalnictwo*. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2013.
- [5] Kardas E. *Ocena jakości balustrady ze stali konstrukcyjnej ze szkłem przy użyciu diagramu Pareto-Lorenza i metody FMEA*. [w:] Monografie, studia, rozprawy nr M70. Wyd. Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2015, s. 115-125
- [6] Jagusiak-Kocik M., Knop K., *Wykorzystanie wybranych narzędzi zarządzania jakością i metody FMEA w przedsiębiorstwie produkującym konstrukcje spawane dla maszyn*. [w:] Techniczne aspekty inżynierii produkcji (red.) Biały W., Mazur M. Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji, Częstochowa 2016, s.61-72.